



ÖSTERREICHISCHES PATENTAMT

Kl. 21 d, 7

# PATENTSCHRIFT NR. 240458

Ausgegeben am 25. Mai 1965

SIEMENS-SCHUCKERTWERKE AKTIENGESELLSCHAFT  
IN BERLIN UND ERLANGEN

## Einrichtung zur Kühlung umlaufender Maschinen

Angemeldet am 16. Jänner 1962 (A 310/62). - Beginn der Patentdauer: 15. Oktober 1964.

Die Erfindung betrifft eine Einrichtung zur Kühlung umlaufender Maschinen, insbesondere Elektromotoren und Generatoren. Bekanntlich werden umlaufende Maschinen, die im Betrieb infolge hoher Belastung, z.B. auch hoher Schalthäufigkeit, einer starken Erwärmung ausgesetzt sind, entweder durch Eigenbelüftung oder Fremdbelüftung gekühlt. Als Kühlmedium können Gase, z.B. Luft, Wasserstoff usw., oder auch Flüssigkeiten, z.B. Wasser oder Öl usw., verwendet werden.

Bei der Eigenbelüftung wird das Kühlmedium durch einen auf dem Läufer befestigten Lüfter in Bewegung gesetzt. Bei Fremdbelüftung wird das Kühlmedium durch einen gesondert angetriebenen Lüfter bewegt. Zur Flüssigkeitskühlung benützt man meist ein in einem Röhrensystem oder Mantel zirkulierendes Medium, das die Verlustwärme abführt.

10 Die Belastbarkeit einer elektrischen Maschine ist im allgemeinen durch die für die Isolationsmaterialien maximal zulässige Temperatur begrenzt. Im Schaltbetrieb verwendete Motoren müssen daher infolge der großen Wärmeentwicklung häufig für eine um 30 - 200% höhere Leistung - bezogen auf die Nennleistung bei Dauerbetrieb - ausgelegt werden, damit die maximal zulässige Temperaturgrenze nicht überschritten wird.

15 Es ist bei Motoren mit schlecht wärmeleitenden Gehäusen bzw. Lagerschilden bekannt, diese mit Körpern zu versehen, die im Lagerschild angeordnet sind, und die die Wärme nach außen abführen sollen. Derartige Maßnahmen haben sich aber in der Praxis nicht durchsetzen können, da es meist nicht mit wirtschaftlich vertretbarem Aufwand gelang, eine genügend große Wärmemenge vom Entstehungsort, z.B. den Läuferstäben, über den Kurzschlußring und über den wärmeisolierenden Luftraum zwischen Läufer und Lagerschild an die Lagerschilde zu transportieren.

Demgegenüber liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, mit nur geringem Aufwand einen wirksamen Wärmetransport vom Entstehungsort der Motorwärme, insbesondere von Läufer und Wicklung an das Gehäuse und an die Lagerschilde und von hier an die Außenluft zu erzielen. Gleichzeitig sollen die Wärmedurchstände zwischen Läufer und Ständer einerseits und der Außenluft andererseits möglichst klein gehalten werden. Dies wird erfindungsgemäß dadurch erreicht, daß ein mit dem sich drehenden Maschinenteil (Läufer) wärmeschlüssig fest verbundener Körper, z.B. eine Scheibe, aus Material guter Wärmeleitfähigkeit vorgesehen ist, der mit dem ihm gegenüberliegenden Lagerschild einen Raum bildet, der keine die Kühlströmung behindernden Teile aufweist, und daß als Kühlströmung eine aus einer koaxialen Potentialumlaufströmung und einer koaxial umlaufenden Rotationsströmung bestehende Drehströmung mit Hilfe von am Körper und am Lagerschild angebrachten radialen Rippen, Profilen usw., angeregt wird, deren Höhe von der Größenordnung der Dicke der sich an der Körper- und Lagerschildoberfläche bildenden Grenzschicht ist.

Vorteilhaft kann wenigstens ein Teil aus gut wärmeleitendem Material, z.B. Aluminium, bestehen. In Weiterbildung der Erfindung werden die gut wärmeleitenden Teile an der Innen- und bzw. oder Außenseite des Lagerschildes durch den Lagerschild hindurch wärmeleitend miteinander verbunden, bis in den Gehäusemantel der Maschinen hineinragend angeordnet und an dieser Stelle vorzugsweise durch Material guter Wärmeleitfähigkeit miteinander verbunden. Dabei sind vorteilhaft die radialen Rippen, Profile usw. so ausgebildet, daß sie aus der Grenzschicht herausragen, naturgemäß aber nicht allzu hoch, so daß sie sich immer noch in der Größenordnung der Dicke der sich an der Körperoberfläche bildenden Grenzschicht befinden.

Ferner weisen die Rippen tangentiale, vorzugsweise mit zusätzlichen Rauigkeiten versehene, An- und Ablauflächen und abgerundete Profile, z.B. Halbrundprofile, auf. In vorteilhafter Weise ist der sich drehende Körper scheibenförmig und gegebenenfalls an der dem Lagerschild zugewendeten Seite konkav oder konvex ausgebildet. In Weiterbildung der Erfindung sind an der zylindrischen Mantelfläche des Körpers 5 achsparallele Rippen vorgesehen. Vorteilhaft dient der sich drehende Körper als Kurzschlußring für die Läuferwicklung. Ferner ist in vorteilhafter Weise der Körper einseitig so verlängert, daß er die Wickelköpfe wenigstens teilweise umgibt. Außerhalb des Gehäuses ist auf derselben Welle wärmeschlüssig ein weiterer, mit Profilen und Rauigkeiten versehener Körper, z.B. eine Scheibe, die auch als Kupplungscheibe ausgebildet sein kann, angeordnet, der eine offene Drehströmung zwischen Scheibe und Lagerschild anregt. Schließlich sind auf dem von den beiden Körpern begrenzten Wellenabschnitt achsparallele Profile, z.B. Rippen, angeordnet.

An Hand der Zeichnung werden die Vorteile und weitere Einzelheiten der Erfindung an einem Ausführungsbeispiel näher erläutert.

Die Fig. 1 zeigt nur das eine Ende einer elektrischen Maschine, z.B. eines Motors, wobei selbstverständlich die hier dargestellten Merkmale in gleicher Weise bei dem andern Motorende angewendet werden können. Der Läufer der elektrischen Maschine ist mit 1, der Ständer mit 2 und die aus diesem herausragenden Wickelköpfe sind mit 3 bezeichnet. Der Lagerschild 4 ist beispielsweise in der unteren Hälfte der Fig. 1 mit Durchbrechungen 5 zur Aufnahme von Durchdringungskörpern 6 aus gut wärmeleitendem Material oder, wie die obere Hälfte der Fig. 1 zeigt, zur Verbindung von Wärmeleitkörpern 6a mit Bolzen 7 versehen. Der mit dem Läufer 1 und der Welle 8 wärmeleitend verbundene und sich mit dieser drehende Körper 9 wird im folgenden kurz als Drehkörper bezeichnet. Er weist im einfachsten Fall die Form einer Scheibe auf, die an der dem Lagerschild 4 zugewendeten Seite zum größten Teil konkav ausgebildet ist. Auf einer Seite sind radiale Rippen 10 angebracht, die bei Drehung des Körpers 9 eine Potentialumlaufströmung 11 anregen. Dabei wird unter einer Potentialumlaufströmung eine "reibungsfreie" Umlaufströmung verstanden, die dem Geschwindigkeitsgesetz  $v = c/r$  folgt. Dabei bedeutet  $v$  die Umfangsgeschwindigkeit (cm/s),  $c$  eine Konstante ( $\text{cm}^2/\text{s}$ ) und  $r$  (cm) den Abstand eines Punktes in der Umlaufebene von der Umlaufachse.

Die auf diese Weise angeregte Potentialumlaufströmung 11 transportiert die Wärme von der konkaven Innenfläche des Körpers 9 an den ebenfalls mit radialen Rippen 10 ausgebildeten Durchdringungskörper 6 des Lagerschildes 4. Nach Wärmeabgabe geht die Potentialumlaufströmung 11 in Form einer Wirbelsenke in eine koaxial umlaufende "reibungsbehafte" Rotationsströmung 12 über. Diese Rotationsströmung folgt dem Geschwindigkeitsgesetz  $v = c \cdot r$ , mit der konstanten Winkelgeschwindigkeit  $c \left[ \frac{1}{s} \right]$ .

Der Drehkörper 9 und der Durchdringungskörper 6 bilden einen sogenannten "rauen Grund", wo bei sich am Durchdringungskörper 6 die Potentialumlaufströmung 11 in die umlaufende Rotationsströmung 12 am Drehkörper 9 die umlaufende Rotationsströmung 12 in die Potentialumlaufströmung 11 umsetzt. Diese aus Potentialumlaufströmung 11 und Rotationsströmung 12 bestehende in sich geschlossene Strömung wird im folgenden kurz als "Drehströmung" bezeichnet.

Zwischen dem Drehkörper 9 und dem Durchdringungskörper 6 befinden sich keine die Kühlströmung behindernden Teile. Es können aber die Anregung der Rotationsströmung verstärkende Mittel, z.B. achsparallele Rippen 13 auf der Welle angebracht werden. Der Abstand zwischen dem Drehkörper 9 und dem Durchdringungskörper 6 sollte nichtso gering gemacht werden, daß sich deren Grenzschichten berühren, weil dann kein Raum zur Ausbildung einer Drehströmung mehr vorhanden ist. Außerdem sollten die Rippen aus der wärmeisolierenden Grenzschicht herausragen. Der Drehkörper 9 kann, wie die obere Hälfte der Fig. 1 zeigt, die Wickelköpfe des Ständers umgreifende Verlängerungen 14 besitzen, um zwischen dem Wickelkopf 3 und der dem Lagerschild abgewandten Seite dieser Verlängerung des Drehkörpers eine weitere, hier nicht dargestellte Drehströmung anzuregen, und gleichzeitig den Umlaufraum zwischen Lagerschild und Drehkörper zu vergrößern.

Der Drehkörper kann ferner mit Durchbrechungen 14a oder hier nicht dargestellten Schaufeln versehen sein. An der zylindrischen Mantelfläche des Drehkörpers sind achsparallele Rippen 15 angeordnet, durch die in dem Raum zwischen dem Körper 9 und den Wickelköpfen 3, der größer als die Grenzschichtdicken an diesen Teilen sein muß, eine kühlungswirksame zylindrische Strömung nach Art einer Couette'schen Strömung entsteht. Unter einer Couette'schen Strömung versteht man eine Strömung zwischen einem ruhenden inneren und einem mit einer Winkelgeschwindigkeit  $\omega$  um seine Achse

gedrehten äußeren koaxialen Zylinder.

Der Durchdringungskörper 6 bzw. der Lagerschild ist an seiner Außenseite ebenfalls mit einer Profilierung, z.B. Rippen 10, versehen, die in gleicher Weise wie die Rippen an der Innenseite des Lagerschildes bei 16 bis in den Gehäusemantel der Maschine hineinragen. An diesen Stellen können die 5 Rippen auch durch Material guter Wärmeleitfähigkeit miteinander verbunden sein. Die Profile bzw. Durchdringungskörper können z.B. aus Siluminguß hergestellt sein.

Außerhalb des Gehäuses ist auf derselben Weise wärmeschlüssig ein weiterer mit Profilen und Rauhigkeiten 17 versehener Körper 18, z.B. eine Scheibe, angeordnet, die eine offene, hier nicht dargestellte Drehströmung und damit einen guten Wärmetransport zwischen der Außenseite des Lagerschildes 10 4 und der Scheibe 17 bewirkt. Die von der Scheibe 17 angesaugte warme Luft wird radial nach außen abgeschleudert.

Der Drehkörper 9 kann als Kurzschlußring für die Läuferwicklung dienen, so daß zwischen den Kupferstäben des Läufers und dem Drehkörper 9 bzw. der Scheibe ein guter Wärmeschluß hergestellt wird. Zu diesem Zweck sind die Läuferstäbe direkt bei 21 in den Körper eingelötet.

15 Die Fig. 2 zeigt die Ausbildung der radialen Rippen 10 mit tangentialem Anlaufflächen 19 und Ablaufflächen 20. Auf diesen An- bzw. Ablaufflächen sind vorzugsweise zusätzliche Rauhigkeiten 22 angebracht, um ein Aufreißen der wärmeisolierenden Grenzschicht zu erzielen. Die Rippen selbst sind abgerundet, z.B. nach Art von Halbrundprofilen. Die Wirbelbildung hinter der Rippe 10 bewirkt einen Wärmeaustausch von der Rippe an die diese bestreichende Außenluft.

20 Wie Versuche bei einem handelsüblichen Hebezeugmotor in werksnormaler Ausführung und einem Motor anderer Ausführung ergeben haben, wurde bei Anwendung des Gegenstandes der Erfindung im Schaltbetrieb bei gleicher Wärmebeaufschlagung eine Absenkung der Endtemperatur des Läufers um etwa 55% auf 68°C (52°C weniger als die Endtemperatur von 115°C bei einer Raumtemperatur von 20°C) erreicht. Dies bedeutet, daß die Umschalthäufigkeit bei gleicher Endtemperatur von 115°C um weit mehr 25 als 100%, z.B. von 600 auf mehr als 1400 Schaltungen heraufgesetzt werden könnte. Es wurde ferner durch Zerschlagen der Drehströmung mit Hilfe von im Gebiet der Mischströmung am Lagerschild angesetzten scharfkantigen Schrauben nachgewiesen, daß die wesentlichen Verbesserungen der Kühlung nicht etwa durch erhöhte Turbulenz in dem Raum zwischen dem Drehkörper 9 und dem Lagerschild 4, sondern durch die außerordentlich guten Wärmetransporteigenschaften der Drehströmung erzielt wurden. Der wesentliche Vorteil der Erfindung besteht demnach darin, daß zwischen dem Körper und dem Lagerschild definierte Strömungsverhältnisse durch eine Zwangskonvektion erzwungen werden, die einen Wärmetransport vom Körper zum Lagerschild und einen davon sauber getrennten Kühlmittelrückstrom vom Lagerschild zum Körper bewirken, so daß keine Durchmischung der aufgewärmten und gekühlten Kühlmittelströme die Kühlwirkung schmälert. Die Erfindung ist nicht auf elektrische Maschinen beschränkt, sondern kann überall dort Anwendung finden, wo ein Wärmetransport durch wärmeisolierende gasförmige Medien erfolgen soll.

#### PATENTANSPRÜCHE:

1. Einrichtung zur Kühlung umlaufender Maschinen, insbesondere elektrischer Maschinen, dadurch gekennzeichnet, daß ein mit dem sich drehenden Maschinenteil (Läufer) wärmeschlüssig fest verbundener Körper, z.B. eine Scheibe, aus Material guter Wärmeleitfähigkeit vorgesehen ist, der mit dem 40 ihm gegenüberliegenden Lagerschild einen Raum bildet, der keine die Kühlströmung behindernden Teile aufweist, und daß als Kühlströmung eine aus einer koaxialen Potentialumlaufströmung und einer koaxial umlaufenden Rotationsströmung bestehende Drehströmung mit Hilfe von am Körper und am Lagerschild angebrachten radialen Rippen, Profilen usw. angeregt wird, deren Höhe von der Größenordnung der Dicke der sich an der Körper- und Lagerschildoberfläche bildenden Grenzschicht ist.

45 2. Einrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens ein Teil der Lagerschildwandung aus gut wärmeleitendem Material, z.B. Aluminium, besteht.

3. Einrichtung nach den Ansprüchen 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß die gut wärmeleitenden Teile an der Innen- und bzw. oder Außenseite des Lagerschildes durch den Lagerschild hindurch wärmeleitend miteinander verbunden, bis in den Gehäusemantel der Maschine hineinragend angeordnet und vorzugsweise an dieser Stelle durch Material guter Wärmeleitfähigkeit miteinander verbunden sind.

4. Einrichtung nach den Ansprüchen 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die radialen Rippen, Profile usw., so ausgebildet sind, daß sie aus der Grenzschicht herausragen.

5. Einrichtung nach den Ansprüchen 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Rippen tangentiale, vorzugsweise mit zusätzlichen Rauigkeiten versehene An- und Ablaufflächen und abgerundete Profile, z.B. Halbrundprofile, aufweisen.

6. Einrichtung nach den Ansprüchen 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß der sich dreihende Körper scheibenförmig und gegebenenfalls an der dem Lagerschild zugewendeten Seite konkav oder konvex ausgebildet ist.

7. Einrichtung nach den Ansprüchen 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß an der zylindrischen Mantelfläche des Körpers achsparallele Rippen vorgesehen sind.

8. Einrichtung nach den Ansprüchen 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß der sich drehende Körper als Kurzschlußring für die Läuferwicklung dient.

9. Einrichtung nach den Ansprüchen 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß der Körper einseitig so verlängert ist, daß er die Wickelköpfe wenigstens teilweise umfaßt.

10. Einrichtung nach den Ansprüchen 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß außerhalb des Gehäuses auf derselben Welle wärmeschlüssig ein weiterer mit Profilen und Rauigkeiten versehener Körper, z.B. eine Scheibe, Kupplung usw. angeordnet ist, der eine offene Drehströmung zwischen Scheibe und Lagerschild anregt.

11. Einrichtung nach den Ansprüchen 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß auf dem von den beiden Körpern begrenzten Wellenabschnitt achsparallele Profile, z.B. Rippen, angeordnet sind.

(Hiezu 1 Blatt Zeichnungen)

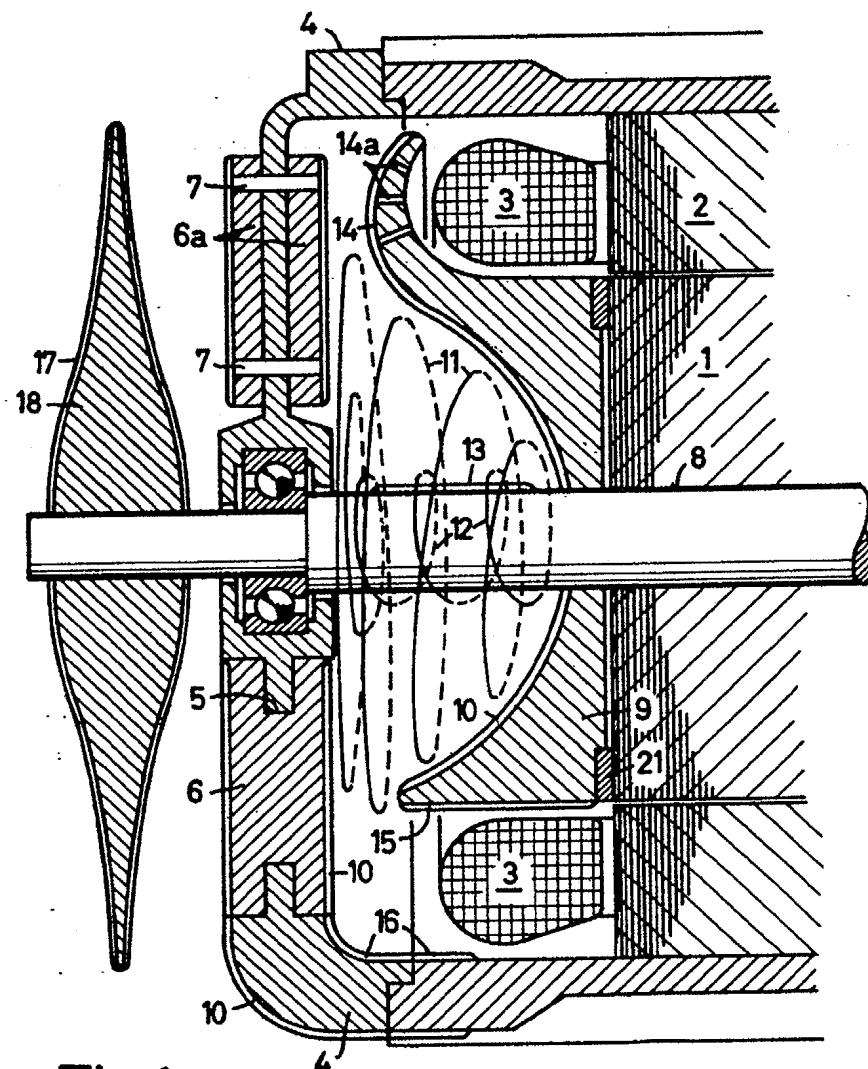


Fig. 1

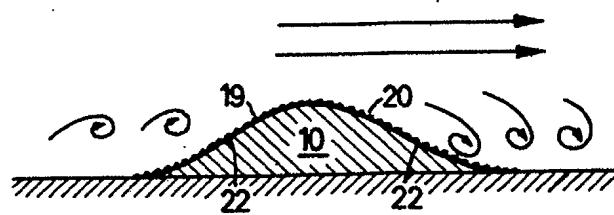


Fig. 2